

УДК 519.22

АНАЛІЗ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У М.КРОПИВНИЦЬКИЙ ЗА ПЕРІОД З 1999 ПО 2018 РІК

Климчук Н., Акбаш К.

Анотація. В статті проілюстровано статистичне дослідження щодо обробки екстремальних місячних даних атмосферного тиску та температури повітря за період з 1999 по 2018 рік по м. Кропивницький. З метою виявлення кліматичних змін за період у 20 років було проведені наступні види статистичного аналізу: перевірка нормальної розподіленості даних; порівняння параметрів двох вибірок (дисперсій та середніх); побудовано графіки для візуалізації динаміки змін температур та атмосферного тиску. На основі отриманих результатів виявлені кліматичні зміни на рівні різних місяців для екстремальних показників температури та тиску.

Ключові слова: нормальність розподілу, порівняння дисперсій, порівняння середніх, екстремальні дані.

Analysis of climatic changes in Kropyvnytskyi for the period from 1999 to 2018 year

Abstract. The article illustrates the statistical study of the processing of extreme monthly data on atmospheric pressure and air temperature over the period from 1999 to 2018 in the city of Kropyvnytskyi. In order to detect climatic changes over a period of 20 years, the following types of statistical analysis were performed: verification of the normal distribution of data; comparison of the parameters of two samples (variances and averages); graphs were created for visualizing the dynamics of changes in temperature and atmospheric pressure. Based on the results obtained, climatic changes were found at the level of different months for extreme temperature and pressure indicators.

Keywords: normality of distribution, comparison of dispersions, comparison of averages, extreme data.

Постановка проблеми. Для перевірки та аналізу значного обсягу інформації певних гідрометеорологічних спостережень часто застосовують різні методи. Зазвичай даний спектр завдань зручно виконувати за допомогою методів математичної статистики. Як наука, статистика є чітко сформованим строгим науковим методом, який дає можливість зрозуміти дані та вміти визначити їх природу. Статистика надає можливість чітко та швидко узагальнити та візуалізувати, як невеликий, так і значний обсяг інформації. Але,

окрім цього важливим є завдання формулювання та опису отриманих результатів, знаходження певних закономірностей, визначення динаміки змін того чи іншого явища. Перевірка нормальності розподілу дозволяє знайти певні порушення і надає можливість продовжувати дослідження зі значним обсягом даних, а саме проводити порівняння параметрів двох вибірок. Зручним даний метод є при роботі з гідрометеорологічними даними, які містять значний обсяг інформації за різними показниками. Проблема зміни клімату є однією з пріоритетних проблем 21 століття. За даними NASA у 2016 році температура поверхні Землі була досягла найвищої позначки з моменту початку ведення спостережень у 1880 році. Середня температура в 2016 році була на 0,99 градусів за Цельсієм вища, ніж в середині 20-го століття [5]. Такі екстремальні явища, як наприклад квітневі снігопади 2017 року в Україні доводять той факт, що проблема зміни клімату є актуальною для України, не менше, ніж для інших країн світу.

Аналіз досліджень і публікацій. Гідрометеорологічні дані простежуються та фіксуються щоденно у всіх регіонах. На протязі багатьох років всі дані формуються у щоденник, які зберігаються на сайтах погоди. В даній роботі дані було взято з джерела [3]. Методи обробки та статистичний апарат аналізу гідрометеорологічних даних описаний в [4] та інших аналогічних джерелах наукової літератури.

Метою роботи є аналіз динаміки екстремальних місячних показників атмосферного тиску та температури повітря у м. Кропивницький за період з 1999 по 2018 рік.

За останні роки по різних регіонах України прослідковується зміна клімату. Для подальшого дослідження та визначення змін кліматичних умов за показниками екстремальних місячних показників температур (мінімальна та максимальна температура за місяць) та атмосферного тиску (відповідно, мінімальний та максимальний показник за місяць) було взято дані з 1999 по 2018 рік по регіону м. Кропивницький. Після проведення перевірки та аналізу

цих даних можемо визначити динаміку цих змін та описати їх можливі прогнози та наслідки.

Всі дані було сформовано у таблиці за чотирма показниками: мінімальна місячна температура, максимальна місячна температура, мінімальний місячний тиск та максимальний місячний тиск. Далі створимо робочі таблиці для того щоб проводити перевірку даних на нормальність розподілу. Таких таблиць у нас буде дванадцять, де за кожен місяць буде міститись інформація по чотирьох показниках з інтервалом у 20 років. Серед методів оцінювання законів розподілу ймовірностей випадкових величин біля двох десятків було спеціально розроблено для перевірки нормальності. Одним із найбільш розповсюджених вважається критерій асиметрії й ексцесу. Саме таким методом ми скористаємось для перевірки даних. Критерії ексцеса та асиметрії полягають у порівнянні відповідних параметрів розподілу з похибками їх обчислення.

Слідуючи критерію Н.О. Плохінського розподіл не буде відрізнятися від нормального, якщо асиметрія та ексцес відрізняються від своїх похибок відтворення не більше, як у три рази. Точніше, якщо:

$$t_A = \frac{|A|}{m_A} \leq 3 \quad \text{та} \quad t_E = \frac{|E|}{m_E} \leq 3, \quad \text{де} \quad m_A = \frac{6}{n} \quad \text{та} \quad m_E = 2 * \frac{6}{n},$$

розподіл можемо вважати нормальним.

Після проведення аналізу даних було виявлено три випадки порушення нормальності розподілу (див. табл. 1.).

Табл. 1. Результати перевірки розподілу вибірок на нормальність

місяць	макс t	мін t	макс тиск	мін тиск
січень	норм	норм	норм	норм
лютий	норм	норм	норм	норм
березень	норм	норм	норм	норм
квітень	норм	норм	норм	норм
травень	норм	норм	норм	норм
червень	норм	не норм	норм	норм
липень	норм	норм	норм	не норм
серпень	норм	норм	норм	норм

вересень	норм	норм	норм	норм
жовтень	норм	норм	норм	норм
листопад	норм	норм	норм	не норм
грудень	норм	норм	норм	норм

Відхилення від нормального розподілу прослідковується у червні місяці за показником мінімальної температури, у липні та листопаді за показниками мінімального атмосферного тиску. Таким чином відбувається порушення умови $t_A = \frac{|A|}{m_A} \leq 3$ та $t_E = \frac{|E|}{m_E} \leq 3$, так як: у червні (мінімальна температура) : $t_A = 3,72$, $t_E = 5,82$; у липні (мінімальний тиск): $t_A = 8,16$; $t_E = 18,23$; у листопаді (мінімальний тиск): $t_A = 5,45$, $t_E = 10,32$. Для обробки статистичних даних, які не підлягають нормальному розподілу, надалі будемо використовувати непараметричні методи обробки даних.

Далі перейдемо до порівняння параметрів вибірок (дисперсій та середнього). Розіб'ємо період у 20 років на два десятиріччя та спробуємо виявити кліматичні зміни у останньому десятиріччі (2009-2018 рр.) по відношенню до попереднього (1999-2008 рр.). Отже нам потрібно порівняти середнє значення кожного екстремального показника у першому та другому десятиріччі. Але для порівняння середніх спочатку необхідно виконати порівняння дисперсій двох вибірок X та Y.

За допомогою команди **ДИСП** знаходимо дисперсії параметрів двох вибірок. За допомогою простого порівняння ($DX > DY$ або $DX < DY$) сформуємо статистичні гіпотези стосовно порівнюваних дисперсій.

Виконаємо перевірку на рівність дисперсій двох вибірок, застосувавши Двохвибірковий F-тест для дисперсій (критерій Фішера-Снедекора) з надбудови Пакет Аналізу, окремо для кожного із чотирьох показників. Зробимо висновки про дисперсії двох вибірок. У випадку, коли $F_{\text{емп}} < F_{\text{кр}}$ (гіпотеза H_0 про рівність дисперсій приймається), переходимо до двохвибіркового t-тесту з однаковими дисперсіями. Якщо $F_{\text{емп}} > F_{\text{кр}}$ (гіпотеза H_0 про рівність дисперсій

відхиляється), то відповідно застосовуємо двохвибірковий t-тест з різними дисперсіями.

Після проведення цих операцій та аналізу отриманих даних можемо переходити до порівняння середніх.

Для того, щоб прийняти рішення абсолютне значення обчисленого t порівнюємо з його критичним значенням.

Якщо $|t| < t_{кр}$, то H_0 приймається, якщо $|t| > t_{кр}$, то H_0 відхиляється.

Перевіривши кожен із чотирьох екстремальних показників по місяцях за останні 20 років про прийняття або відхилення нульової гіпотези можемо сформувати таблицю кліматичних змін атмосферного тиску та температури повітря. На основі даних в таблицях можемо проводити їх опис та аналізувати динаміку цих змін.

Табл. 2. Результати кліматичних змін у останньому десятиріччі (2009-2018 рр.) по відношенню до попереднього (1999-2008 рр.)

місяць	max t	min t	max тиск	min тиск
січень	не змінилась	не змінилась	не змінився	не змінився
лютий	не змінилась	не змінилась	не змінився	не змінився
березень	не змінилась	не змінилась	не змінився	не змінився
квітень	змінилась (+)	не змінилась	не змінився	не змінився
травень	не змінилась	не змінилась	змінився (-)	не змінився
червень	змінилась (+)	змінилась(+)	не змінився	не змінився
липень	не змінилась	не змінилась	не змінився	не змінився
серпень	не змінилась	не змінилась	не змінився	змінився (+)
вересень	змінилась (+)	не змінилась	не змінився	не змінився
жовтень	не змінилась	не змінилась	не змінився	не змінився
листопад	не змінилась	не змінилась	не змінився	змінився (+)
грудень	змінилась (+)	не змінилась	змінився (-)	не змінився

(+) – збільшення температури (тиску);

(-) – зменшення температури (тиску);

З таблиці 2. спостерігаємо, що за останні два десятиліття змін зазнала максимальна температура за квітень, червень, вересень та грудень. Середнє значення температури за ці місяці зросло і відбулись наступні зміни показників:

у квітні від 20,6 до 24,5, у червні з 29,7 до 32,6; у вересні з 27, 2 до 30; у грудні з 8,6 до 14,2 .

Зміни у мінімальній температурі відбулися лише у червні місяці середні показники якої змінились від 11,5 до 15,3.

Максимальний тиск змінився у травні місяці і з середнього значення 753,2 зменшився до 751,9 та у грудні середній показник складає 761,1 замість 758,2.

Зміни мінімального тиску відбулися наприкінці літа (у серпні місяці) середній показник якого складає 740,6 замість 738,1. Також значення мінімального тиску змінилося наприкінці осені, а саме в листопаді місяці і його середнє значення становить 738,5 замість 726,9, що свідчить про підвищення атмосферного тиску у цьому місяці.

Покажемо процедуру виявлення загальних змін на прикладі максимальної температури, що відбулись у м. Кропивницький за період з 1999 по 2018 рік.

Табл.3. Загальний аналіз змін $\max t$ у м. Кропивницький за період з 1999 по 2018 рік.

місяць	дисперсія з 1999-2008	дисперсія з 2009-2018	Рівність дисперсій	Середнє значення 1999-2008	Середнє значення 2009-2018	порівняння середніх значень	зміна показнику
січень	11,6	6	однакові	5,4	5,8	однакові	0,4
лютий	13,5	6,9	однакові	7,2	7,4	однакові	0,2
березень	26	4,8	різні	13,7	16,1	однакові	2,4
квітень	3, 6	9,2	різні	20,6	24,5	різні	3,9
травень	16,6	5,5	однакові	28,2	27,8	однакові	-0,4
червень	4,5	3,6	однакові	29,7	32,6	різні	2,9
липень	8,3	2	різні	32, 5	33,6	однакові	1,1
серпень	8	4,7	однакові	33,7	34,5	однакові	0,8
вересень	5,5	10,2	різні	27,2	30	різні	2,8
жовтень	7,9	17,6	різні	23,1	21,3	однакові	-1,8
листопад	4,5	8,6	різні	12,7	14,2	однакові	1,5
грудень	18,3	10	однакові	8,6	9	різні	0,4

Для візуалізації динаміки даних змін зобразимо їх графіки та проведемо лінію тренда. Для прикладу візьмемо показники змін у квітні та у червні місяці.

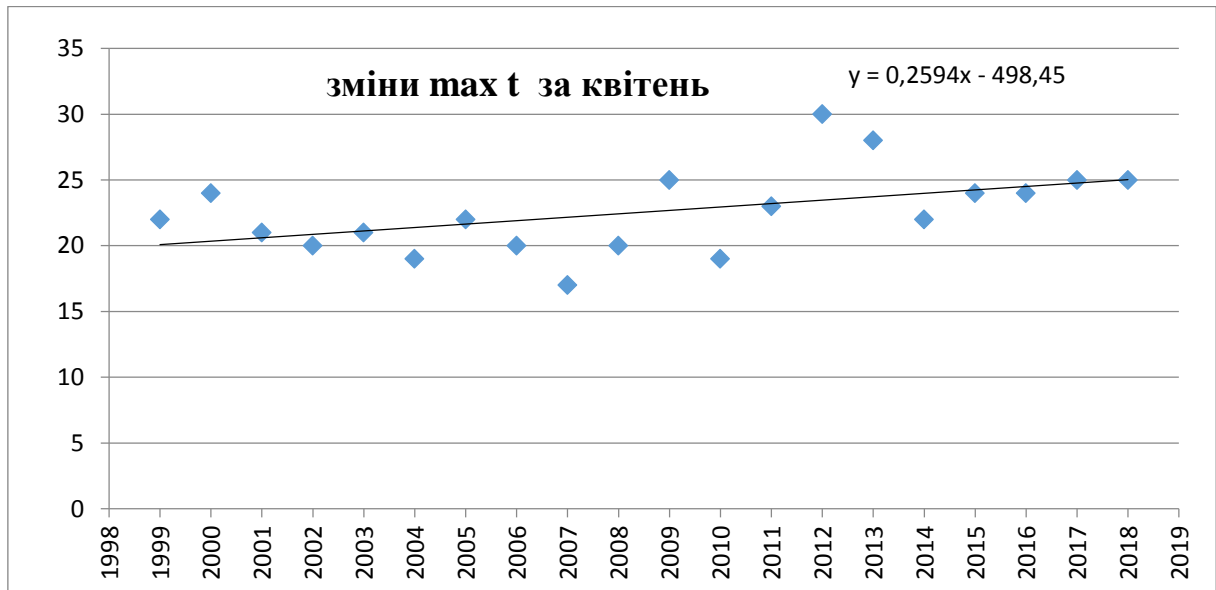


Рис.1. Графік зміни максимальної температури у квітні за період з 1999 по 2018 рік

Провівши лінію тренда на рис.1. можна спостерігати поступове збільшення максимальної температури, яке за останні 20 років. Відбувається поступове зростання в інтервалі від 20 до 25 градусів.

Проілюструємо динаміку змін максимальної температури у червні з 1999 по 2018 рік.

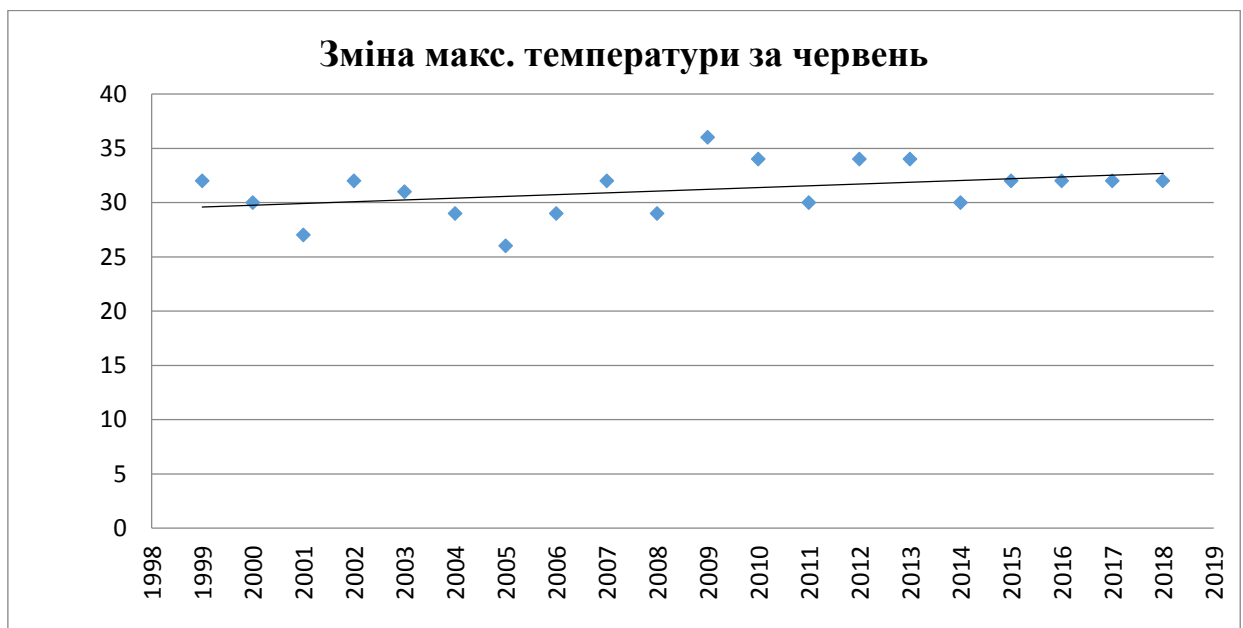


Рис.2. Графік зміни максимальної температури у червні
за період з 1999 по 2018 рік

У червні відбулись зміни максимальної температури в середньому на три градуси вище. Значна зміна спостерігається в період з 2010 до 2015 року.

Висновки. У статті проведений статистичний аналіз гідрометеорологічних спостережень, а саме екстремальних місячних показників температури та атмосферного тиску за період з 1999 по 2018 рік у м.Кропивницький з метою виявлення динаміки змін цих показників по регіону. Проведений порівняльний аналіз погодно-кліматичних умов за останні два десятиліття. Загалом можна зробити висновок про те, що при перевірці нормальності було виявлено порушення лише при показниках мінімального тиску та мінімальної температури у деяких місяцях, що свідчить про те, що саме у цих місяцях дані показники зазнали найбільших змін та перепадів на протязі двадцяти років. В результаті проведеної перевірки даних, можна сформулювати висновок про те, що за останні 20 років клімат у м. Кропивницький змінюється, що підтверджує теорію глобального потепління.

Список використаної літератури:

1. Зміна клімату Національний екологічний центр України. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://necu.org.ua/climate/>
2. Причини та докази | Українська Кліматична Мережа. [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://climategroup.org.ua/?page_id=66
3. Дневник погоды в Кропивницком (Кировограде). Електронний ресурс: <https://www.gismeteo.ru/diary/4975/1997/4/>
4. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений: учеб. пособие / А. В. Аргучинцева. – Иркутск : Иркут. гос. ун-т, 2007. – 105 с.
5. NASA: 2016 – найспекотніший рік в історії. [Електронний ресурс]- <https://marketer.ua/ua/nasa-2016-najspektotnishij-rik-v-istoriyi/>